

# 原发性闭角型青光眼前房深度测量的研究进展

韩佳璇\*, 穆塔里甫#, 阿比达穆·祖那吉

新疆医科大学第一附属医院眼科, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2024年2月19日; 录用日期: 2024年3月12日; 发布日期: 2024年3月19日

## 摘要

青光眼作为世界第二大致盲眼病, 危险因素众多, 相互关系纷繁复杂, 浅前房深度被认为是原发性闭角型青光眼的一个重要危险因素。准确测量前房深度是诊断和观察青光眼患者的重要指标, 有助于闭角型青光眼的早期诊断和病程演变的评估。本文综述了测量前房深度的各种方法及最新研究状况。比较各类仪器的优缺点, 为临床应用提供参考。

## 关键词

青光眼, 闭角型青光眼, 前房深度, UBM

# Advances in the Measurement of Anterior Chamber Depth in Primary Angle-Closure Glaucoma

Jiaxuan Han\*, Talifu Mu#, Abidamu Zunaji

Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi Xinjiang

Received: Feb. 19<sup>th</sup>, 2024; accepted: Mar. 12<sup>th</sup>, 2024; published: Mar. 19<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Glaucoma, the second most common blinding eye disease in the world, has many risk factors with complex interrelationships, and shallow anterior chamber depth is considered to be an important risk factor for primary angle-closure glaucoma. Accurate measurement of anterior chamber depth is an important indicator for diagnosis and observation of glaucoma patients, which helps in early

\*第一作者。

#通讯作者。

**diagnosis of angle-closure glaucoma and evaluation of disease evolution. This article summarizes the various methods of measuring anterior chamber depth and the state of the art of research. The advantages and disadvantages of each type of instrument are compared to provide reference for clinical application.**

## Keywords

**Glaucoma, Angle-Closure Glaucoma, Anterior Chamber Depth, UBM**

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

青光眼作为致盲性眼病的重要病因之一，它在临床较为常见。我们每一个正常人都会有 1% 的几率发生青光眼，以及 5% 的视力下降和致盲性的存在[1]。Quigley 等[2]在 2006 年发表的流行病学研究调查表明，至 2020 年，全球青光眼患者总人数将达到 7960 万人，其中中国的患者数为 600 万人。青光眼是一种不可逆的视神经病变，伴有视野丧失和视力下降。原发性闭角型青光眼(Primary Angle-Closure Glaucoma, PACG)患者具有短眼轴、浅前房、小角膜、窄房角的解剖结构[3]。晶状体易紧贴虹膜后表面并推动虹膜向前膨隆，造成原本狭窄的房角部分或全部关闭，房水流出受阻，眼内压迅速升高并压迫视盘，最终造成视神经不可逆的损害。原发性闭角型青光眼目前仍是我国常见的致盲眼病之一，其视力丧失的不可逆性，导致早期影响青光眼发生和发展的因素倍受关注，人们对浅前房、短眼轴、厚虹膜及大而前置的晶状体等高危眼前节静态解剖结构的认识并不到位。

原发性闭角型青光眼是一组由于房角急性或慢性关闭引起眼压升高，继而导致视神经不可逆损伤，并逐渐进展至盲的疾病[4]。与目前患有原发性闭角型青光眼 2000 万人相比，到 2040 年，将有 3400 万人受到影响，5.33 亿人将失明。原发性闭角型青光眼的患病率在东亚人群中最高[5] [6]。房角关闭是由于将虹膜推向前的力和将虹膜拉向小梁网的力作用造成的。房角关闭机制分为单纯瞳孔阻滞型、单纯非瞳孔阻滞型和混合型 3 种[7]。在亚洲患者中，非瞳孔阻滞机制(例如高褶型虹膜)，可能是房角关闭的重要原因。房角关闭可以由一种机制也可由多种机制共同作用引起[8]。目前普遍认为，原发性闭角型青光眼房角关闭并非是由单一因素引起，而是一系列结构异常引起的共同结果，在原发性闭角型青光眼的发病中存在多种机制，瞳孔阻滞可以同时存在晶状体阻滞及高褶虹膜，或 3 种因素共同存在引起房角关闭。王宁利[9]等在应用超声生物显微镜(Ultrasound Biomicroscopy Imaging, UBM)对原发性闭角型青光眼房角关闭机制进行分析发现，多种机制共存是中国人房角关闭的主要机制。他将房角关闭的构型分为：瞳孔 L 阻滞型、非瞳孔阻滞型和多种机制共存型。非瞳孔 L 阻滞型分为虹膜肥厚型、睫状体前位型。多种机制共存型包括瞳孔阻滞 + 虹膜周边肥厚型，瞳孔阻滞 + 睫状体前位型，瞳孔阻滞 + 虹膜周边肥厚型 + 睫状体前位型，睫状体前位 + 虹膜周边肥厚型。这种分型有利于治疗方式的选择，对临床治疗具有指导意义。但是多种机制的研究建立在对单种机制研究基础之上，对于单种机制的认识仍存在不足，也就限制对多种机制更为深入的研究。

原发性闭角型青光眼的常见危险因素包括高龄、家族史、种族、高眼压，浅前房深度也被认为是 PACG 的一个重要危险因素[10]。前房深度(anterior chamber depth, ACD)是指角膜内皮与晶状体前囊表面之间的距

离。其主要运用于排查和辅助诊断闭角型青光眼、有晶体眼屈光性人工晶体植入的术前检查及考虑前房深度测量值的人工晶体屈光度计算等[11]。正常情况下前房深度在一定范围内,超过或者低于这个范围可能都是不正常的。浅前房是闭角型青光眼普遍的解剖学基础,前房明显变浅,眼前段结构更加拥挤,使房角易发生关闭阻塞。因此对于 PACG 的研究,我们除了关注病理性眼压升高,也要关注前房深度的情况。临床上常用测量前房深度及前房角角度的方法来明确局部解剖结构,结合眼压测量值,有助于明确青光眼的诊断。前房深度是评估 PACG 发作的重要生物计量指标。准确测量前房深度是诊断和观察青光眼患者的重要指标,有助于闭角型青光眼的早期诊断和病程演变的评估。在资源有限的国家,青光眼的发病率随着预期寿命的增加而增加,预计到 2040 年有近 1.118 亿人将受到影响[12]。早期发现会减缓疾病的进展,但晚期才会出现视力下降,之前都是无症状的,因此不能及时早早诊断。单用前房深度可能提供一种简单有效的方法来区分闭角的眼和开角的眼。并被建议作为一种检测 PACG 的快速筛查工具[13]。特别是在对闭角型青光眼的筛查、诊断和治疗预期中的评价。在临床工作中,由于眼前节系统与青光眼疾病之间的特殊关联性,以及相对于眼后节神经系统的检查便利性,其各项数据的精确测量对青光眼的早期诊断中占据相当重要的地位,然而相关的检查则需要依赖各种检查仪器。测量前房深度的仪器多种多样,临床常用的有 Pentacam 三维眼前段分析仪、非接触式光学相干生物测量仪器(IOL Master)、UBM、眼前节相干断层扫描仪(AS-OCT)等。

## 2. 手电筒侧照法检查

检查方法:(1) 检查者面对受检者,将手电筒或笔灯置于受检者颞侧角膜缘的位置,使灯光平行于正常虹膜表面向受检者鼻侧照射。(2) 观察被照亮的鼻侧虹膜面积。正常时,鼻侧虹膜应被完全照亮,浅前房的受检者鼻侧 2/3 的虹膜不会被照亮。

## 3. 裂隙灯检查

检查方法将灯带调至窄裂隙,以  $40^{\circ}\sim 45^{\circ}$  自角膜中央径线切面投射至瞳孔区,目测角膜中央后表面至晶状体前表面的距离为中央前房深度,以所截观察处周边角膜光学断面切面厚度层(CT)为记录单位。

## 4. 前房角镜检查

前房角镜检查是眼前房角结构的显微镜检查,对青光眼的病因、诊断、分类、治疗和预后具有重要意义[14]。前房角镜根据不同的光学原理分为直接前房角镜和间接前房角镜,前者利用光线折射原理,配合手术显微镜使用可观察到同一方位的前房角结构;后者利用光线的反射原理,配合裂隙灯生物显微镜可观察到与反射镜相反方位的前房角结构。临床上常用间接前房角镜,以下以 Goldman 间接前房角镜为例介绍规范操作[15]。

检查方法:(1) 检查前准备:评估受检者眼部情况、配合程度以及药物过敏史,充分告知受检者检查目的、过程和配合要点;消毒液擦拭前房角镜,干棉签擦干镜面,晾干备用;受检者结膜囊内滴入表面麻醉剂充分麻醉。(2) 先在接触镜凹面滴满羟甲基纤维素凝胶,检查者以左手手指轻轻分开受检者上、下眼睑,嘱受检者稍向上注视后用右手持接触镜轻轻置于受检者角膜缘下方,再嘱受检者稍向下注视,迅速而平稳地将接触镜置于受检者角膜表面。(3) 检查时应将镜面紧贴角膜,旋转前房角镜时应一手适当地扶住接触镜,以免接触镜跌落或进入气泡。(4) 裂隙灯直接焦点照明法,条状裂隙光束与角膜呈  $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$  夹角投射,前房角镜旋转一周检查各部位前房角情况。前房角镜映照的前房角形态与实际位置相反,如镜面位于 12 点钟位,观察的是 6 点钟位的前房角结构。

## 5. 超声生物学显微镜

UBM 是一项应用超高频换能器(50 MHz)获得低倍显微镜分辨率的超声图像,因此其能直接显现晶体

前表面、角膜、瞳孔缘断层切面,为此能精准地对前房深度进行测定[16]。UBM 的特点在于其本质为 B 超机,因此不受屈光间质的影响,可以显示睫状体结构和被混浊角膜遮挡的房角。因此,UBM 在房角成像方面具有不可替代的地位。UBM 的优势在于分辨率高、能穿透非透明介质等,在临床诊断中应用能进一步认识青光眼发病机制及疾病类型,同时还能对疾病鉴别诊断及疗效判定等起到一定的指导作用[17]。但测量时杯中水对眼球形态的压力作用可能对测量结果产生一定的影响,从而影响测量值的准确性,且操作难度大、对患者要求高、存在交叉感染的可能,一定程度上限制了他的广泛应用。

## 6. 眼前节相干断层扫描仪

眼前节相干断层扫描仪(AS-OCT)是一种原理类似于超声,基于生物组织的不同光学散射性,运用近红外低相干之间光扫描待测组织,扫描依据光和参照物之间的干涉从而实现对浅层生物组织进行层析成像的新技术[18]。这一崭新的光学成像方式能对活体眼组织的结构进行显微断层成像,而且具有非接触性、非侵入性、高分辨率的特性,可达到如同在显微镜下观察病理组织切片的效果。AS-OCT 是一种有效的成像方式,具有快速、非接触式、高分辨率以及高准确率等特点,通过在单个图像中获得整个前房的高分辨率横截面,直观识别眼前段结构,因此很容易用来确定前房深度[19]。AS-OCT 图像所具备的高分辨率特点,使得观察者便于从中获得各种相关角度参数的测量,用于临床评估前房角度,包括角开放距离、前房宽度、小梁虹膜间隙面积等,对医生进行闭角型青光眼诊断具有特定的物理意义。AS-OCT 是专为眼前节成像设计的,可提供形态学图像和量化分析的影像学检查手段,具有分辨率高、非侵入性、可重复高等优点,在原发性闭角型青光眼的诸多领域如前房和前房角参数的分析测量等方面均有广泛应用。它可以提供有关角膜、前房、前房角、虹膜以及晶状体等的测量参数,因而是闭角型青光眼诊断的较好辅助工具。

## 7. Pentacam

Pentacam 依托使用能 360°旋转的 Scheimflu 摄像机,可以无接触的测量角膜厚度、角膜地形图、分析白内障以及对眼前段结构进行成像录像图像图像重构三维图形分析前房[20]。Pentacam 系统具有 5 种主要功能,能测量角膜前后表面地形图,测量角膜厚度,显示三维显示眼前节图像,有利于早期发现青光眼潜在风险。Pentacam 的扫描图可显示角膜前后表面地形图,并可给出角膜表面任意一点的曲率,可自动或手动测量眼前节中任意两点间的距离、前房任意部位的深度、晶状体的密度、人工晶状体的位置等,对于周边前房深度的测量,是目前唯一一个能全景扫描并得到数值的机器。Pentacam 可测量显示前房角,计算前房容积和前房深度,用于青光眼的筛查和危险因素评估。Pentacam 测量前房角和前房深度,有助于闭角型青光眼的早期排查和术后随访,具备非接触性、时间短、易被患者接受等优点[21]。但是基于光学原因,由于虹膜的阻挡,Pentacam 无法透过角膜白斑或角膜斑翳进行测量。但由于多角度拍摄图像,通常可获取不透明组织后的部分数据[21]。

## 8. 非接触式光学相干生物测量仪器

IOL Master 是利用侧向裂隙光照明,在眼前节形成光截面,被摄像机拍摄后通过内置公式计算后得出 ACD 值[22]。IOL-Master 测量前房深度是基于裂隙光投射的原理,使用带图像分析系统的裂隙灯即测量裂隙光从颞侧大约 30 度(和视轴夹角)的角度进行照射得到角膜前表面至晶状体前表面之间的距离[23]。但因为裂隙光从颞侧投射,所以受操作者的影响测量值有可能不是轴性前房深度值;并且 IOL-Master 测量前房深度还会受其测量的角膜曲率的影响。

## 9. A 型超声扫描

A 型超声扫描是采用 8 MHz 笔式探头,利用其轴向分辨力好的特点,根据不同组织声阻抗的不同,



将所探测组织的界面回声以波峰形式显示, 按回声返回探头的时间顺序依次排列在基线上, 构成与探测方向一致的一维图像, 根据不同界面产生 A 型超声波形的时间不同, 选择声波在不同组织中的最适声速, 根据公式“距离 = 速度 × 时间”获得相关组织的生物测量值[24]。但检查前需滴表麻剂易造成角膜水肿, 检查时探头直接接触角膜易造成角膜上皮的损伤及感染的发生, 且分辨率较低、定位不准确及受操作者对眼球施加外力影响等决定了 A 型超声的测量值存在较大的误差[5]。

## 10. 总结

目前, 前房深度检查不仅对于诊断闭角型青光眼十分重要, 对于青光眼早期防治也占有一席之地。一项基于人群的研究报道 ACD 是蒙古人和中国人 PACG 的一个重要危险因素[3]。另一项基于人群的中国纵向研究表明, 在 6 年的时间里, 浅 ACD 与 PACG 的发展独立相关[25]。边俊杰[26]等发现在急性闭角型青光眼、浅前房及正常眼中急性闭角型青光眼患者前房最浅。前房深度的测量有助于闭角型青光眼的早期诊断和病程演变的评估。UBM 是青光眼患者诊断、评价和随访的重要工具。1992 年, C.J. Pavlin 首次描述了 UBM 在青光眼中的应用, 当时他领导的团队定义了几个眼前段参数的正常范围, 如前房深度、小梁虹膜角、巩膜和虹膜厚度。此外, UBM 在最新版的欧洲青光眼协会指南中被公认为一种有价值的成像工具, 用于测量眼前段结构的尺寸, 并对青光眼患者进行正确分类。刘杏等人[27]认为 UBM 在测量前房深度上具有分辨率高、更客观、测量值更精确等特点, 同时能贮存于计算机内进行客观的追踪与对比观察, 对角膜混浊或房水混浊的患者应用 UBM 测量前房深度或角膜厚度则可弥补光学仪器不能测量或测量值欠准确之不足是临床上评价前房深度和角膜厚度的一种实用的新方法。但 UBM 属于接触性检查, 除有机械作用影响检查结果外, 还有损伤角膜的可能。AS-OCT 可以对眼前节解剖生物学结构, 例如前房、房角、虹膜等, 进行非接触性, 高分辨率的断层成像[28]。既往对 AS-OCT 房角或前房生物学参数, 例如房角开放距离(AOD), ACD 等测量进行过可重复性研究。Kohnen [29]等分别利用眼前节 OCT、Orbscan 及 IOL Master 测量了 26 例(52 只眼)临床病例的前房深度通过比较测量结果, 眼前节测量结果与后两种方法的测量值之间的相关系数为 0.98 和 0.97 高度正相关, 且 OCT 可重复性高。有研究报道 UBM 和眼前节 OCT 均可用于眼前节相关指标的测量。眼前节 OCT 比裂隙灯显微镜具有更高的准确性与可信度。根据三种仪器的测量原理, A 型超声受操作者的经验影响最大, IOL-Master 次之, 而 Pentacam 最小。Pentacam 三维眼前节分析诊断系统还能提供眼压的修正、前房角、前房容积等数值, 可以更好地观察前房深度, 特别是周边前房深度, 较 IOL-Master 眼科光学生物测量仪及 A 型超声有更广阔的应用前景。测量前房深度是诊断和观察青光眼患者的重要指标, 有助于闭角型青光眼的早期诊断和病程演变的评估。因此为了准确测量前房深度, 特此分析比较这几种仪器, 为临床应用提供参考。

## 参考文献

- [1] 崔冬梅, 吴小宏, 贺严. UBM 对白内障合并原发性闭角型青光眼术前晶状体悬韧带及术后房角形态的观察[J]. 河北医学, 2020, 26(6): 980-983.
- [2] 陈林江, 熊柯, 吴京. 光学相干断层扫描及超声生物显微镜测量眼前房深度的 Meta 分析[J]. 南方医科大学学报, 2013, 33(10): 1533-1537.
- [3] Li, S., Shao, M., Wan, Y., Tang, B., Sun, X. and Cao, W. (2019) Relationship between Ocular Biometry and Severity of Primary Angle-Closure Glaucoma: Relevance for Predictive, Preventive, and Personalized Medicine. *EPMA Journal*, **10**, 261-271. <https://doi.org/10.1007/s13167-019-00174-1>
- [4] Li, S., Shao, M., Cao, W. and Sun, X. (2019) Association between Pretreatment Serum Uric Acid Levels and Progression of Newly Diagnosed Primary Angle-Closure Glaucoma: A Prospective Cohort Study. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, **2019**, Article ID: 7919836. <https://doi.org/10.1155/2019/7919836>
- [5] 刘敏, 赵骏, 赵华, 强军, 刘丽. 三种仪器测量中央前房深度比较[J]. 中国实用眼科杂志, 2011, 29(4): 345-347.
- [6] Azuara-Blanco, A., Burr, J., Ramsay, C.R., et al. (2016) Effectiveness of Early Lens Extraction for the Treatment of

- Primary Angle-Closure Glaucoma (EAGLE): A Randomised Controlled Trial. *The Lancet*, **388**, 1389-1397. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30956-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30956-4)
- [7] Wang, Q., Qu, X., Chen, W., *et al.* (2021) Altered Coupling of Cerebral Blood Flow and Functional Connectivity Strength in Visual and Higher Order Cognitive Cortices in Primary Open Angle Glaucoma. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, **41**, 901-913. <https://doi.org/10.1177/0271678X20935274>
- [8] 李思珍, 梁远波, 王宁利. 原发性闭角型青光眼的房角关闭机制[J]. 青岛大学医学院学报, 2009, 45(1): 86-88.
- [9] 范肃洁, 吕爱国, 郝洁, 梁远波, 郭黎霞, 李爱林, 王宁利. 房角关闭机制指导下可疑原发性房角关闭患者激光干预的疗效评价[J]. 眼科, 2017, 26(3): 149-153.
- [10] Nongpiur, M.E., Khor, C.C., Jia, H., *et al.* (2014) ABCC5, A Gene That Influences the Anterior Chamber Depth, Is Associated with Primary Angle Closure Glaucoma. *PLOS Genetics*, **10**, e1004089. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1004352>
- [11] 赵春柳. 多种仪器测量前房深度结果的对比[J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2020, 42(1): 31-36.
- [12] Wang, C., An, Y., Xia, Z., *et al.* (2022) The Neuroprotective Effect of Melatonin in Glutamate Excitotoxicity of R28 Cells and Mouse Retinal Ganglion Cells. *Frontiers in Endocrinology*, **13**, Article 986131. <https://doi.org/10.3389/fendo.2022.986131>
- [13] Bayliss, J.M., Ng, W.S., Waugh, N. and Azuara-Blanco, A. (2021) Laser Peripheral Iridoplasty for Chronic Angle Closure. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **3**, CD006746. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006746.pub4>
- [14] Xu, B.Y., Chiang, M., Chaudhary, S., Kulkarni, S., Pardeshi, A.A. and Varma, R. (2019) Deep Learning Classifiers for Automated Detection of Gonioscopic Angle Closure Based on Anterior Segment OCT Images. *American Journal of Ophthalmology*, **208**, 273-280. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2019.08.004>
- [15] Jindal, A., Ctori, I., Virgili, G., Lucenteforte, E. and Lawrenson, J.G. (2020) Non-Contact Tests for Identifying People at Risk of Primary Angle Closure Glaucoma. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, **5**, CD012947. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012947.pub2>
- [16] 田国川. 超声生物显微镜下两种原发性闭角型青光眼生物学参数比较[J]. 临床医学研究与实践, 2023, 8(36): 78-81, 90.
- [17] 潘丽军, 赵子文. 超声生物显微镜检查对原发性闭角型青光眼的诊断意义[J]. 广东医科大学学报, 2022, 40(3): 334-336.
- [18] 罗昊敏, 李婵. 前节光学相干断层扫描仪对虹膜激光周切术后前房深度变化的影响分析[J]. 中国社区医师, 2022, 38(28): 79-81.
- [19] 吴敏, 叶剑, 孙强, 翟军印, 曹书, 喻箭. 前节 OCT 与 A 超测量前房深度的比较[J]. 国际眼科杂志, 2007, 7(5): 1341-1342.
- [20] 刘帅帅, 丁蕾, 赵莉莉, 程梦雅, 殷西亮. CASIA2 与 PentacamHR 测量角膜厚度和前房深度的对比研究[J]. 国际眼科杂志, 2022, 22(11): 1922-1926.
- [21] 何利东, 穆涛, 刘海军, 王旭辉. Pentacam 在原发性闭角型青光眼的筛查和早期诊断中的应用研究[J]. 宁夏医学杂志, 2023, 45(1): 73-76.
- [22] Hamoudi, H., Correll Christensen, U. and La Cour, M. (2018) Agreement of Phakic and Pseudophakic Anterior Chamber Depth Measurements in IOLMaster and Pentacam. *Acta Ophthalmologica*, **96**, e403. <https://doi.org/10.1111/aos.13599>
- [23] 胡平会, 张甜甜, 郝雪梅, 郭晓枚. 4 种仪器测量高度近视患者前房深度和晶状体厚度的临床观察[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2022, 22(4): 402-406.
- [24] 张慧君, 杨玉慧. IOLMaster 与 A 型超声在白内障患者前房深度及眼轴长度测量中的临床应用[J]. 黔南民族医学学报, 2022, 35(1): 33-35.
- [25] Xu, G., Wu, G., Du, Z., *et al.* (2021) Distribution of White-to-White Corneal Diameter and Anterior Chamber Depth in Chinese Myopic Patients. *Frontiers in Medicine*, **8**, Article 732719. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.732719>
- [26] Zhao, J., Zhao, J., Yang, W., *et al.* (2021) Peripheral Anterior Chamber Depth and Angle Measurements Using Pentacam after Implantation of Toric and Non-Toric Implantable Collamer Lenses. *Frontiers in Medicine*, **8**, Article 610590. <https://doi.org/10.3389/fmed.2021.610590>
- [27] 刘杏, 赵博, 蔡小于, 陈秀琦. 超声生物显微镜和光学测量仪对闭角型青光眼前房深度及角膜厚度测量的比较[J]. 中国超声医学杂志, 2001, 17(11): 816-818.
- [28] Cui, X., Yang, Y., Li, Y., *et al.* (2019) Correlation between Anterior Chamber Volume and Corneal Biomechanical Properties in Human Eyes. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, **7**, Article 379.

<https://doi.org/10.3389/fbioe.2019.00379>

- [29] Shajari, M., Herrmann, K., Bühren, J., *et al.* (2019) Anterior Chamber Angle, Volume, and Depth in a Normative Cohort—A Retrospective Cross-Sectional Study. *Current Eye Research*, **44**, 632-637.  
<https://doi.org/10.1080/02713683.2019.1576205>